(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7468289号
(P7468289)

(45)発行日　令和6年4月16日(2024.4.16)

(24)登録日　令和6年4月8日(2024.4.8)

(51)国際特許分類
Ｂ２５Ｊ　19/06　(2006.01)

ＦＩ
Ｂ２５Ｊ　19/06

請求項の数　19　（全16頁）

(21)出願番号　特願2020-174750(P2020-174750)
(22)出願日　令和2年10月16日(2020.10.16)
(65)公開番号　特開2022-65929(P2022-65929A)
(43)公開日　令和4年4月28日(2022.4.28)
審査請求日　令和5年8月8日(2023.8.8)

(73)特許権者　000002945
オムロン株式会社
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地
(74)代理人　110002860
弁理士法人秀和特許事務所
(72)発明者　殿谷 徳和
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内
(72)発明者　松本 慎也
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内
審査官　樋口 幸太郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　制御装置、ロボット、制御方法、プログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
探索領域を計測する３次元センサが設けられたロボットの制御装置であって、
前記探索領域の各範囲の位置に基づき、当該各範囲を計測するための前記３次元センサの複数の計測位置を決定する位置決定手段と、
前記ロボットを動かすことにより前記複数の計測位置のそれぞれに前記３次元センサを移動させるように制御する動作制御手段と、
前記複数の計測位置のそれぞれにおいて前記３次元センサが計測した結果に基づき、前記探索領域における物体の領域を判定する領域判定手段と、
を有することを特徴とする制御装置。
【請求項２】
前記探索領域の各範囲は、前記探索領域を分割した範囲である、
ことを特徴とする請求項１に記載の制御装置。
【請求項３】
前記探索領域の各範囲は、直方体形状、球体形状、円柱状、または多角形状の範囲である、
ことを特徴とする請求項１または２に記載の制御装置。
【請求項４】
前記探索領域の各範囲は、所定の軸方向に前記探索領域をスライスした複数枚の平面を、格子状に分割した範囲である、

ことを特徴とする請求項１または２に記載の制御装置。
【請求項５】
前記位置決定手段は、前記探索領域の各範囲の所定の位置が、前記複数の計測位置のうち対応する計測位置における前記３次元センサの視野に含まれるように、前記３次元センサの前記複数の計測位置を決定する、
ことを特徴とする請求項１から４のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項６】
前記位置決定手段は、前記探索領域の各範囲の前記所定の位置を中心として、所定の長さを半径とする球面上または円周上に、前記３次元センサの前記複数の計測位置を決定する、
ことを特徴とする請求項５に記載の制御装置。
【請求項７】
前記探索領域の形状は、直方体形状であり
前記位置決定手段は、前記探索領域の１つの面と前記３次元センサの光軸が直交し、前記探索領域における各範囲の所定の位置からの距離が所定の長さである位置を前記３次元センサの計測位置として決定する、
ことを特徴とする請求項１から５のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項８】
前記所定の位置は、重心である、
ことを特徴とする請求項５から７のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項９】
前記複数の計測位置の間で前記３次元センサを移動させるために、前記ロボットを移動させる経路を決定する経路決定手段をさらに有する、
ことを特徴とする請求項１から８のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項１０】
前記経路決定手段は、前記複数の計測位置のうちの第１の計測位置から前記３次元センサを移動させる場合には、前記３次元センサが前記第１の計測位置に移動する時点より前に移動する計測位置のいずれでもない計測位置のうち、前記第１の計測位置から最も短い時間または移動量で前記３次元センサが移動できる計測位置に移動するように前記経路を決定する、
ことを特徴とする請求項９に記載の制御装置。
【請求項１１】
前記位置決定手段は、前記複数の計測位置に、計測位置に対応する前記ロボットの姿勢が逆運動学によって決定できない計測位置が含まれている場合には、逆運動学によって決定することができる前記ロボットの姿勢に対応する位置に当該計測位置を変更する、
ことを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項１２】
前記位置決定手段は、前記複数の計測位置に前記３次元センサを配置する場合に、前記３次元センサの視野が所定の量以上、互いに重なりあう２つの計測位置がある場合には、いずれか一方の計測位置を前記複数の計測位置から除外する、
ことを特徴とする請求項１から１１のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項１３】
前記３次元センサの動作を制御するセンサ制御手段をさらに有する、
ことを特徴とする請求項１から１２のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項１４】
前記センサ制御手段は、前記３次元センサが前記複数の計測位置の間を移動する期間であっても、前記３次元センサが前記探索領域を計測するように制御する、
ことを特徴とする請求項１３に記載の制御装置。
【請求項１５】
前記３次元センサは、２次元画像を撮像する撮像手段を有しており、前記２次元画像を

用いて前記探索領域を計測し、
　前記センサ制御手段は、前記複数の計測位置の少なくともいずれかの計測位置において前記３次元センサが撮像した２次元画像において、所定の範囲外の輝度の画素の数が所定数以上である場合には、当該２次元画像の取得時点から、前記３次元センサが有する照明の照度と前記撮像手段の露光時間と前記撮像手段のゲインとの少なくともいずれかの値を変更して、当該計測位置において前記３次元センサが計測するように制御する、
　ことを特徴とする請求項１３または１４に記載の制御装置。
【請求項１６】
　前記３次元センサは、２次元画像を撮像する撮像手段を有しており、前記２次元画像を用いて前記探索領域を計測し、
　前記位置決定手段は、前記複数の計測位置の少なくともいずれかの計測位置において前記３次元センサが撮像した２次元画像において、所定の範囲外の輝度の画素が所定数以上である場合には当該計測位置を変更する、
　ことを特徴とする請求項１から１５のいずれか１項に記載の制御装置。
【請求項１７】
　請求項１から１６のいずれか１項に記載の制御装置と、
　探索領域を計測する３次元センサと、
を有することを特徴とするロボット。
【請求項１８】
　探索領域を計測する３次元センサが設けられたロボットの制御方法であって、
　前記探索領域の各範囲の位置に基づき、当該各範囲を計測するための前記３次元センサの複数の計測位置を決定する位置決定ステップと、
　前記ロボットを動かすことにより前記複数の計測位置のそれぞれに前記３次元センサを移動させるように制御する動作制御ステップと、
　前記複数の計測位置のそれぞれにおいて前記３次元センサが計測した結果に基づき、前記探索領域における物体の領域を判定する領域判定ステップと、
を有することを特徴とする制御方法。
【請求項１９】
　請求項１８に記載の制御方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　本発明は、制御装置、ロボット、制御方法、プログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
　従来、物を製造する現場などにおいて、ロボットなどが動くことが可能な範囲を予め設定しておき、その範囲をロボットが動くことによってロボットの安全な動作が実現されている。
【０００３】
　特許文献１には、ロボットが周辺機器などの物体と干渉しないように、ロボットの動作範囲を設定するロボット制御装置が開示されている。特許文献１では、ロボット制御装置は、ロボットに設けられた深度センサ（３次元センサ）が物体の表面上の各点の深度データを取得することにより、物体の領域（干渉領域）を判定している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開２０１８－０８９７２８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】

【０００５】
特許文献１では、ロボットの姿勢を変更することにより、深度センサの位置を変更しながら深度データを取得することが開示されている。しかしながら、深度センサの位置を決定する方法の記載がないため、例えば、深度データの取得具合をユーザが確認しながら、当該ユーザが深度センサの位置を決定する必要がある。このため、物体の領域（干渉領域）を判定するために、ユーザに負荷がかかっていた。
【０００６】
そこで、本発明は、ロボットなどが物体と干渉しないように当該物体の領域を判定する技術において、ユーザの負荷を減少させることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
上記目的を達成するために本発明は、以下の構成を採用する。
【０００８】
すなわち、本発明の一側面に係る探索領域を計測する３次元センサが設けられたロボットの制御装置は、前記探索領域の各範囲の位置に基づき、当該各範囲を計測するための前記３次元センサの複数の計測位置を決定する位置決定手段と、前記ロボットを動かすことにより前記複数の計測位置のそれぞれに前記３次元センサを移動させるように制御する動作制御手段と、前記複数の計測位置のそれぞれにおいて前記３次元センサが計測した結果に基づき、前記探索領域における物体の領域を判定する領域判定手段と、を有することを特徴とする制御装置である。
【０００９】
上記構成によれば、探索領域を計測するための３次元センサの計測位置を決定するための、ユーザの入力（設定）が不要になる。このため、探索領域における物体の領域を判定するためのユーザの負荷が減少する。なお、計測位置とは、３次元センサの３次元座標および姿勢（光軸方向）を示す。
【００１０】
上記制御装置において、前記探索領域の各範囲は、前記探索領域を分割した範囲であってもよい。また、前記探索領域の各範囲は、直方体形状、球体形状、円柱状、または多角形状であってもよい。さらに、前記探索領域の各範囲は、所定の軸方向に前記探索領域をスライスした複数枚の平面を、格子状に分割した範囲であってもよい。
【００１１】
上記制御装置において、前記位置決定手段は、前記探索領域の各範囲の所定の位置が、前記複数の計測位置のうち対応する計測位置において前記３次元センサの視野に含まれるように前記３次元センサの前記複数の計測位置を決定してもよい。これによれば、探索領域の各範囲を確実に計測することができるので、各範囲を詳細に計測できる結果、より正確に物体の領域を判定することが可能になる。
【００１２】
上記制御装置において、前記位置決定手段は、前記探索領域の各範囲の前記所定の位置を中心として、所定の長さを半径とする球面上または円周上に、前記３次元センサの前記複数の計測位置を決定してもよい。これによれば、探索領域の各範囲を同じ距離で異なる位置から、複数回計測することができるので、これらの計測結果からより正確に物体の領域を判定することが可能になる。
【００１３】
上記制御装置において、前記探索領域の形状は、直方体形状であり前記位置決定手段は、前記探索領域の１つの面と前記３次元センサの光軸が直交し、前記探索領域における各範囲の所定の位置からの距離が所定の長さである位置を前記３次元センサの計測位置として決定してもよい。これによれば、探索領域の各範囲を１回のみ計測することができるので、より高速に物体の領域を判定することが可能になる。例えば、物体が平面上に広がっていると事前に想定できる場合に、この処理は有効である。
【００１４】

上記制御装置において、前記所定の位置は、重心であってもよい。例えば、重心を基準として探索領域の各範囲を計測すれば、重心は各範囲の特徴を示すような代表的な位置であるから、より正確に当該範囲を計測することが可能になる。

【００１５】

上記制御装置において、前記複数の計測位置の間で前記３次元センサを移動させるために、前記ロボットを移動させる経路を決定する経路決定手段をさらに有してもよい。

【００１６】

上記制御装置において、前記経路決定手段は、前記複数の計測位置のうちの第１の計測位置から前記３次元センサを移動させる場合には、前記３次元センサが前記第１の計測位置に移動する時点より前に移動する計測位置のいずれでもない計測位置のうち、前記第１の計測位置から最も短い時間または移動量で前記３次元センサが移動できる計測位置に移動するように前記経路を決定してもよい。これによれば、２つの計測位置の間を素早く移動することができるので、探索領域の計測をより高速に行うことができる。

【００１７】

上記制御装置において、前記位置決定手段は、前記複数の計測位置に、計測位置に対応する前記ロボットの姿勢が逆運動学によって決定できないような計測位置が含まれている場合には、逆運動学によって決定することができる前記ロボットの姿勢に対応する位置に当該計測位置を変更してもよい。これによれば、ロボットを移動させることができない位置に移動させようとする不要な処理がなくなるので、より効率的に探索領域の計測が可能になる。

【００１８】

上記制御装置において、前記位置決定手段は、前記複数の計測位置に前記３次元センサを配置する場合に、前記３次元センサの視野が所定の量以上、互いに重なりあう２つの計測位置がある場合には、いずれか一方の計測位置を前記複数の計測位置から除外してもよい。これによれば、重複する計測結果を取得する可能性を低減できるため、より効率的な探索領域の計測が可能になる。

【００１９】

上記制御装置において、前記３次元センサの動作を制御するセンサ制御手段をさらに有していてもよい。

【００２０】

上記制御装置において、前記センサ制御手段は、前記３次元センサが前記複数の計測位置の間を移動する期間であっても、前記３次元センサが前記探索領域を計測するように制御してもよい。これによれば、探索領域を多くの位置から計測することができるので、より高精度に探索領域を計測することが可能になる。

【００２１】

上記制御装置において、前記３次元センサは、２次元画像を撮像する撮像手段を有しており、前記２次元画像を用いて前記探索領域を計測し、前記センサ制御手段は、前記複数の計測位置の少なくともいずれかの計測位置において前記３次元センサが撮像した２次元画像において、所定の範囲外の輝度の画素の数が所定数以上である場合には、当該２次元画像の取得時点から、前記３次元センサが有する照明の照度と前記撮像手段の露光時間と前記撮像手段のゲインとの少なくともいずかの値を変更して、当該計測位置において前記３次元センサが計測するように制御してもよい。これによれば、黒つぶれやハレーションを抑えることにより３次元計測の精度が向上するので、より高精度に探索領域を計測することができる。

【００２２】

上記制御装置において、前記３次元センサは、２次元画像を撮像する撮像手段を有しており、前記２次元画像を用いて前記探索領域を計測し、前記位置決定手段は、前記複数の計測位置の少なくともいずれかの計測位置において前記３次元センサが撮像した２次元画像において、所定の範囲外の輝度の画素が所定数以上である場合には当該計測位置を変更してもよい。これによれば、黒つぶれやハレーションを抑えた２次元画像を撮像すること

が可能になるので、より高精度に探索領域を計測することができる。
【００２３】
上記制御装置を有し、さらに探索領域を計測する３次元センサと、を有することを特徴とするロボットであってもよい。
【００２４】
本発明は、上記手段の少なくとも一部を有する装置として捉えてもよいし、電子機器や制御システム、探索システム、探索装置として捉えてもよい。また、本発明は、上記処理の少なくとも一部を含むロボットの制御方法、領域判定方法、探索方法として捉えてもよい。また、本発明は、かかる方法を実現するためのプログラムやそのプログラムを非一時的に記録した記録媒体として捉えることもできる。なお、上記手段および処理の各々は可能な限り互いに組み合わせて本発明を構成することができる。
【発明の効果】
【００２５】
本発明によれば、ロボットなどが物体と干渉しないように当該物体の領域を判定する技術において、ユーザの負荷を減少させることができる。
【図面の簡単な説明】
【００２６】
【図１】図１は、実施形態１に係る探索システムを説明する図である。
【図２】図２は、実施形態１に係る制御装置の内部構成を説明する図である。
【図３】図３Ａおよび図３Ｂは、実施形態１に係る計測位置の決定を説明する図である。
【図４】図４Ａおよび図４Ｂは、実施形態１に係る計測位置の決定を説明する図である。
【図５】図５は、実施形態１に係る干渉領域の判定処理のフローチャートである。
【図６】図６は、変形例１に係る干渉領域の判定処理のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００２７】
以下、本発明を実施するための実施形態について図面を用いて記載する。
【００２８】
＜適用例＞
以下では、制御装置３０を有する探索システム１を説明する。探索システム１は、３次元センサ２０により複数の計測位置（視点）から探索領域５０を計測（探索）することによって、探索領域５０において物体の配置された領域（干渉領域）を判定する。干渉領域が判定されれば、例えば、ロボット１０は、干渉領域を避けることにより、探索領域５０内部を物体に衝突しないように移動することができる。また、ロボット１０以外の装置も、同様に、探索領域５０内部を物体に衝突しないように移動することができる。ここで、探索システム１は、探索領域５０を分割した領域の位置に基づき、複数の計測位置を決定する。このため、ユーザが手動で複数の計測位置を設定することに起因する負担を軽減することができる。ここで、計測位置とは、３次元センサ２０の３次元座標および姿勢（光軸方向）を示す。
【００２９】
＜実施形態１＞
［探索システムの構成］
実施形態１に係る探索システム１を、図１のシステム構成図を用いて説明する。探索システム１は、ロボット１０、３次元センサ２０、制御装置３０、制御サーバ４０を有する。
【００３０】
ロボット１０は、自らの姿勢を変化させることによって、３次元センサ２０を移動させる。ロボット１０は、例えば、垂直多関節ロボット、移動機構ロボット、パラレルリンクロボット、直動機構ロボットなど任意のタイプのロボットであり得る。本実施形態では、ロボット１０は、複数の関節を有するアームを備えており、各関節の角度を制御することによって３次元センサ２０の位置（姿勢）を制御する多関節ロボットである。各関節部は、モータにより駆動されてアームを回転させる駆動軸を備えている。

【００３１】
３次元センサ２０は、探索領域５０を計測（探索）して、探索領域５０の３次元情報（点群データ）を取得する。３次元センサ２０は、ロボット１０のアームの先端に設けられている。このため、ロボット１０が３次元センサ２０を有しているとみなしてもよい。３次元センサ２０は、例えば、深度情報を取得する深度センサ、または距離画像を取得する距離画像センサである。互いに異なる複数の計測位置から探索領域５０を計測（探索）することを３次元センサ２０が繰り返し実行することによって、探索領域５０における干渉領域が判定可能になる。なお、３次元センサ２０は、カメラ（撮像部）を備えていてもよく、３次元情報を取得することのみならず、２次元画像を撮像（取得）可能であってもよい。また、３次元センサ２０は、探索領域５０に光を照射して照明する照射部や、画像を投影するプロジェクタを有していてもよい。
【００３２】
ここで、３次元センサ２０は、３次元センサ２０から探索領域５０における対象物までの距離が取得できればよいため、アクティブ方式とパッシブ方式のいずれのセンサであってもよい。ここで、アクティブ方式とは、３次元センサ２０から投影した光を対象物にあてて、当該対象物での反射光を受光して距離を取得する方式である。一方、パッシブ方式とは、自然光や他の照明によって照らされた対象物からの光を受光して距離を取得する方式である。ここで、アクティブ方式として、例えば、赤外光をプロジェクタが対象物に照射し、当該対象物にて反射した赤外光をカメラが受光することで、三角測量の原理により当該対象物までの距離を取得する方法（スポット法；ＴＯＦ）を用いてもよい。また、アクティブ方式として、例えば、パターン画像をプロジェクタが対象物に照射し、当該対象物に映し出されたパターン画像をカメラが撮像することで、撮像したパターン画像の歪みに応じて当該対象物までの距離を取得する方法を用いてもよい。また、パッシブ方式として、互いに異なる２点の位置から対象物を撮像して、２つの撮像画像の差分から距離を取得する方法を用いてもよい。
【００３３】
制御装置３０は、ロボット１０および３次元センサ２０を制御する。制御装置３０は、ロボット１０の姿勢（動き；アームの関節の角度）を制御することにより、３次元センサ２０の計測位置（姿勢；視点）を制御する。また、制御装置３０は、３次元センサ２０の計測のタイミングを制御する。さらに、３次元センサ２０が計測した結果に基づき、干渉領域を判定することもできる。
【００３４】
制御サーバ４０は、ネットワーク６０を介して、複数の制御装置３０を制御する。制御サーバ４０は、制御装置３０が有する構成要素の全部または一部を有していてもよい。
【００３５】
[制御装置の構成]
図２の構成図を参照して、制御装置３０の内部構成を説明する。制御装置３０は、制御部３０１、記憶部３０２、マップ取得部３０３、領域判定部３０４、位置決定部３０５、経路生成部３０６、動作制御部３０７、センサ制御部３０８を有する。
【００３６】
制御部３０１は、記憶部３０２に記憶されたプログラムに従って、制御装置３０の各構成要素を制御する。なお、制御部３０１の処理は、制御サーバ４０が実行してもよい。
【００３７】
記憶部３０２は、各構成要素が動作するための情報を記憶する。記憶部３０２は、例えば、探索領域５０の位置や大きさ、形状を示す情報を記憶する。また、記憶部３０２は、３次元センサ２０のスペック（計測可能な距離の範囲、視野角度など）や、ロボット１０のスペック（アームの関節の可動範囲、関節の回転可能速度など）を記憶する。なお、これらの情報は、制御装置３０に対してユーザが予め設定可能である。
【００３８】
さらに、記憶部３０２は、探索領域５０における各点（ボクセル）の３次元センサ２０

による計測状況（探索状況）を示すマップ情報を記憶する。ここで、探索領域５０における各点は、それぞれ異なる領域（例えば、立方体）に対応している。例えば、探索領域５０における各点は、それぞれ対応する領域の中心の点（重心）である。記憶部３０２は、探索領域５０における各点に対応する領域について、物体が存在するか否かを判定できている領域である既知領域と、物体が存在するか判定できていない領域である未知領域とのいずれかを示すマップ情報を記憶する。ここで、マップ情報では、既知領域は、物体が存在すると判定された領域である物体領域と、物体が存在しないと判定された領域である空領域のいずれかを示す。つまり、マップ情報は、探索領域５０における各点が、物体が存在する点と物体が存在しないと点と物体が存在するか否かが不明である点とのいずれに該当するかを示しているといえる。

【００３９】

マップ取得部３０３は、３次元センサ２０が計測した結果（計測結果；探索結果）に基づき、上述したマップ情報を生成または更新をする。ここで、３次元センサ２０が、複数の計測位置から探索領域５０を計測して、マップ取得部３０３は、その計測結果に基づき、マップ情報を生成（更新）する。

【００４０】

ここで、マップ取得部３０３は、例えば、センサ座標系（３次元センサ２０の座標系）で定義された物体の表面上の各点の３次元情報（深度データ）を、計測位置に基づく座標変換によって、ロボット座標系（ロボット１０の座標系）で定義される３次元位置情報に変換する。このことにより、マップ取得部３０３は、深度データが示す物体の、ロボット座標系での位置を判定できる。ここで、様々な計測位置において３次元センサ２０が探索領域５０を計測すれば、様々な深度データが取得できるため、探索領域５０の各点（各領域）における物体の有無の信頼度が向上する。そして、マップ取得部３０３は、この信頼度に基づき、各点に対応する領域が未知領域と物体領域と空領域とのいずれに該当するかを決定（判定）できる。

【００４１】

領域判定部３０４は、３次元センサ２０の計測結果（探索結果）に基づき、干渉領域を判定する（決定する）。具体的には、領域判定部３０４は、マップ情報に基づき、物体領域から構成される領域を干渉領域として判定する。

【００４２】

位置決定部３０５は、３次元センサ２０が計測する際に配置される位置である複数の計測位置（移動位置）を決定する。位置決定部３０５は、計測位置の複数の候補を決定しておき、複数の候補の中から、３次元センサ２０が移動する（ロボット１０が３次元センサ２０を移動させる）ことが可能な候補のみを計測位置として選択することもできる。ここで、３次元センサ２０の計測位置は、３次元センサ２０の高さや３次元センサ２０の光軸の向き（方向）の情報などにより特定できる。また、３次元センサ２０の計測位置は、ロボット１０の姿勢により特定できる。なお、３次元センサ２０の位置とロボット１０の姿勢との対応は、いわゆるキャリブレーション処理によって予め計測（決定）されているものとする。

【００４３】

経路生成部３０６（経路決定部）は、位置決定部３０５が決定した複数の計測位置の間で３次元センサ２０を移動させるための、ロボット１０の移動経路を生成（決定）する。例えば、経路生成部３０６は、複数の計測位置の全てに３次元センサ２０を移動させるために要する時間が、最も短い移動経路を決定する。

【００４４】

動作制御部３０７は、３次元センサ２０を複数の計測位置に移動させるように、ロボット１０を制御する。ここで、動作制御部３０７は、経路生成部３０６が決定した移動経路に従ってロボット１０の姿勢を制御して、３次元センサ２０の位置を制御する。

【００４５】

センサ制御部３０８は、３次元センサ２０を制御する。センサ制御部３０８は、例えば

、ロボット１０が３次元センサ２０を計測位置に移動させたタイミングで、３次元センサ２０が計測するように制御する。また、センサ制御部３０８は、３次元センサ２０が照明部を有する場合には、照明部の発光量（明るさ）などを制御することもできる。

【００４６】

また、制御装置３０は、例えば、ＣＰＵ（プロセッサ）、メモリ、ストレージなどを備えるコンピュータにより構成することができる。その場合、図２に示す構成は、ストレージに格納されたプログラムをメモリにロードし、ＣＰＵが当該プログラムを実行することによって実現されるものである。かかるコンピュータは、パーソナルコンピュータ、サーバコンピュータ、タブレット端末、スマートフォンのような汎用的なコンピュータでもよいし、オンボードコンピュータのように組み込み型のコンピュータでもよい。あるいは、図２に示す構成の全部または一部を、ＡＳＩＣやＦＰＧＡなどで構成してもよい。あるいは、図２に示す構成の全部または一部を、クラウドコンピューティングや分散コンピューティングにより実現してもよい。

【００４７】

［３次元センサの位置決定処理］

以下、図３Ａの概要図を用いて、位置決定部３０５が３次元センサ２０の計測位置を決定する処理（位置決定処理）を説明する。なお、図３Ａ～図４Ｂでは、ロボット１０と３次元センサ２０と探索領域５０の一部とを図示している。本実施形態では、探索領域５０を複数に分割した領域（分割領域）のそれぞれに対して、３次元センサ２０が計測（探索）を行う。位置決定部３０５は、分割領域それぞれの位置に基づき、３次元センサ２０の複数の計測位置を決定する。具体的には、位置決定部３０５は、分割領域（分割領域の所定の位置）それぞれが、複数の計測位置のうち対応する計測位置において３次元センサ２０の視野に含まれるように、複数の計測位置を決定する。ここで、例えば、探索領域５０は、各辺が１ｍの立方体（直方体）である。また、分割領域は、例えば、探索領域５０を$6^3=216$個に分割した立方体（直方体）であり、マップ情報が示す１つの点に対応する領域よりも十分に大きい。なお、探索領域５０や分割領域の大きさや形状は、上記に限らず任意であってよい。例えば、探索領域５０の各範囲は、直方体形状、球体形状、円柱状、または多角形状であってよい。また、分割領域の大きさや形状は、記憶部３０２が予め記憶しておいてもよいし、位置決定部３０５が探索領域５０の大きさや形状に基づき決定してもよい。

【００４８】

図３Ａは、探索領域５０を分割した１つの分割領域５１を計測するための３次元センサ２０の計測位置を説明する図である。本実施形態では、位置決定部３０５は、分割領域５１の任意の点（本実施形態では、重心）を中心として、半径Ｒとする球面上の複数の位置を、分割領域５１を計測するための複数の計測位置として決定する。また、このとき、位置決定部３０５は、３次元センサ２０の光軸上に、分割領域５１の重心が位置するように３次元センサ２０の計測位置を制御する。ここで、１つの分割領域５１に対して、例えば、１００点の計測位置が決定される。なお、位置決定部３０５は、例えば、分割領域５１を計測するための複数の計測位置のうち隣接するもの同士の間隔が所定の長さになるように、複数の計測位置を決定する。また、半径Ｒは、３次元センサ２０からの計測可能距離の範囲（例えば、３０ｃｍ～９０ｃｍ）に含まれる距離であり、例えば、計測可能距離の範囲の中央の値（例えば、６０ｃｍ）である。なお、計測可能距離の情報は、ユーザの入力または３次元センサ２０からの入力により、記憶部３０２が記憶している。

【００４９】

なお、位置決定部３０５は、探索領域５０を分割した複数の分割領域のそれぞれについて、分割領域５１と同様に、複数の計測位置を決定する。

【００５０】

また、分割領域５１の重心を中心として、半径Ｒとする球面上の複数の位置を、分割領域５１を計測するための複数の計測位置として決定する必要はない。例えば、図３Ｂのように、分割領域５１の１つの面（例えば、分割領域の各面のうちロボット１０に最も近い

面）の重心を中心として、半径Ｒとする球面上の複数の位置を、分割領域５１を計測するための複数の計測位置として決定してもよい。言い換えると、位置決定部３０５は、図４Ａに示すように、探索領域５０を或る軸上（或る軸方向）にスライスして、スライスした複数枚の平面を格子状に分割した領域５２ごとに計測位置を決定してもよい。

【００５１】

このように、本実施形態では、位置決定部３０５は、各分割領域が球状に広がっていると想定して、半径Ｒとする球面上の複数の位置を複数の計測位置として決定する。しかし、位置決定部３０５は、分割領域５１を中心として、半径Ｒとするような、或る面（例えば、探索領域５０のいずれかの面や水平面）に平行な円周上の複数の位置を複数の計測位置として決定してもよい。このような場合には、位置決定部３０５は、各分割領域が円柱状に広がっていると想定して計測位置を決定している。また、図４Ｂに示すように、位置決定部３０５は、探索領域５０の１つの面と３次元センサ２０の光軸が直交し、分割領域５１の重心（または分割領域５１の１つの面の重心）からの距離が長さＲである位置を３次元センサ２０の計測位置として決定してもよい。このように決定すれば、各分割領域に対して１回のみ計測が行われるため、物体が平面状に広がっていると想定できる場合に、少ない動作回数で効率よく探索領域５０を計測することが可能となる。

【００５２】

［干渉領域の判定処理］

図５を参照して、制御装置３０が干渉領域を判定する処理を説明する。図５は、干渉領域の判定処理のフローチャートである。なお、図５のフローチャートの各処理は、制御部３０１が記憶部３０２に記憶されたプログラムを実行して、自身により、または各構成要素を制御することにより実現される。

【００５３】

ステップＳ１００１において、制御部３０１は、記憶部３０２から探索領域５０の範囲（大きさ、位置）を示す情報を取得する。なお、制御部３０１は、記憶部３０２から探索領域５０の範囲を示す情報を取得するのではなく、ユーザの入力によって探索領域５０の範囲を示す情報を取得してもよい。

【００５４】

ステップＳ１００２において、位置決定部３０５は、上記のように、探索領域５０を分割した分割領域のそれぞれの位置に基づき、複数の計測位置を決定する。ここで、位置決定部３０５は、３次元センサ２０の視野（視野範囲）が所定の量以上、互いに重なりあう２つの計測位置が複数の計測位置に含まれている場合には、いずれか一方の計測位置を複数の計測位置から除外するようにするとよい。ここで、視野は、３次元センサ２０の位置を頂点として、光軸方向を高さ方向とするように円錐状に広がっている。２つの視野の重なりは、例えば、２つの視野に含まれる分割領域の重複度合いである。これによれば、３次元センサ２０によって、重複する情報を取得しないようにできるため、効率的に探索領域５０を計測することができる。

【００５５】

ステップＳ１００３において、位置決定部３０５は、３次元センサ２０を複数の計測位置に配置する場合のロボット１０の姿勢を決定する。ここで、ロボット１０の姿勢は、３次元センサ２０の計測位置から、既知の逆運動学（ＩＫ；Ｉｎｖｅｒｓｅ　Ｋｉｎｅｍａｔｉｃｓ）を幾何学的に解くことによって決定（算出）可能である。

【００５６】

なお、位置決定部３０５は、位置決定部３０５が決定した複数の計測位置のうち、逆運動学によってロボット１０の姿勢が決定できない計測位置がある場合には、当該計測位置を削除（除外）してもよい。または、位置決定部３０５は、逆運動学によってロボット１０の姿勢が決定できない計測位置がある場合には、当該計測位置を中心とする所定の距離（例えば、１ｃｍ）の範囲内で、逆運動学によってロボット１０の姿勢が決定できる位置に当該計測位置を変更してもよい。このとき、位置決定部３０５は、３次元センサ２０の光軸上に位置する（計測の対象となる）分割領域が、変更の前後で異ならないように計測

位置を変更する。

【００５７】

ステップＳ１００４において、経路生成部３０６は、位置決定部３０５が決定した複数の計測位置に３次元センサ２０が移動することができるように、ロボット１０の移動の経路を生成（決定）する。移動の経路は、例えば、複数の計測位置に対して３次元センサ２０が移動する順番を示す情報を含む。経路生成部３０６は、例えば、移動に要する時間を低減させるために、複数の計測位置のうちロボット１０（ロボット１０の中心やアームの土台部分）から最も遠い位置を、最初に移動する計測位置として決定する。また、経路生成部３０６は、例えば、第１の計測位置から他の計測位置に移動する場合には、候補の計測位置のうち、第１の計測位置から最も短い時間または移動量（距離）で移動することができる第２の計測位置を決定する。ここで、経路生成部３０６は、第１の計測位置に移動する時点より前に３次元センサ２０が移動する計測位置のいずれかではない計測位置を、上記の候補の計測位置に決定する。経路生成部３０６は、第２の計測位置を、３次元センサ２０が第１の計測位置の次に移動する計測位置として決定する。これにより、複数の計測位置の間の３次元センサ２０の移動時間を短縮することができる。なお、ロボット１０は、アームの複数の関節を同時に動かすことで３次元センサ２０を移動させるため、２つの位置の間の距離と、当該２つの位置の間の移動時間は必ずしも比例しない。

【００５８】

ステップＳ１００５において、動作制御部３０７は、経路生成部３０６が生成した経路に従ってロボット１０を移動させて、位置決定部３０５が決定した複数の計測位置のいずれかに３次元センサ２０を移動させる。

【００５９】

ステップＳ１００６において、センサ制御部３０８は、３次元センサ２０を制御して、移動後の計測位置で探索領域５０を計測する。これにより、３次元センサ２０は、探索領域５０の３次元情報（点群データ）を取得できる。３次元センサ２０は、制御装置３０に３次元情報を出力する。

【００６０】

ステップＳ１００７において、制御部３０１は、位置決定部３０５が決定した複数の計測位置の全てで、３次元センサ２０が計測を行ったか否かを判定する。複数の計測位置の全てで３次元センサ２０が計測を行った場合にはステップＳ１００８に進む。複数の計測位置のいずれかで３次元センサ２０が計測を行っていない場合にはステップＳ１００５に進む。なお、制御部３０１は、複数の計測位置の全てで３次元センサ２０が計測を行ったか否かを判定するのではなく、例えば、分割領域のそれぞれに対して所定数以上の計測位置で計測を行ったか否かを判定してもよい。

【００６１】

ステップＳ１００８において、マップ取得部３０３は、複数の計測位置における３次元センサ２０による探索領域５０の計測結果である３次元情報（点群データ）と複数の計測位置の情報とに基づき、マップ情報を生成する。ここで、生成されたマップ情報において未知領域を示す範囲（領域）がある場合には、制御部３０１は、当該未知領域が既知領域に変化するまで、ステップＳ１００２～Ｓ１００８の処理を繰り返し実行するようにしてもよい。

【００６２】

ステップＳ１００９において、領域判定部３０４は、マップ情報に基づき、物体が配置された領域である干渉領域を判定する。具体的には、領域判定部３０４は、マップ情報に基づき、全ての物体領域から構成される領域を干渉領域として判定する。

【００６３】

なお、センサ制御部３０８は、複数の計測位置において計測を行うことに加えて、複数の計測位置の間を移動する期間（ステップＳ１００５において３次元センサ２０が移動している期間）においても３次元センサ２０が計測を行うようにしてもよい。例えば、センサ制御部３０８は、位置決定部３０５が決定した２つの計測位置を３次元センサ２０が移

動している期間において、所定の時間（例えば、０．５秒）ごとに、３次元センサ２０による計測を行ってもよい。また、センサ制御部３０８は、位置決定部３０５が決定した２つの計測位置を３次元センサ２０が移動している期間において、所定の距離（例えば、１ｃｍ）移動するごとに、３次元センサ２０による計測を行ってもよい。これによれば、３次元センサ２０が多くの３次元情報を取得できるようになるため、領域判定部３０４は、精度高く干渉領域を判定することが可能になる。

【００６４】

このように、本実施形態に係る制御装置３０は、探索領域５０における各分割領域を計測するために、各分割領域の位置に基づき、３次元センサ２０の複数の計測位置を決定する。つまり、ユーザが計測位置を入力することなく、複数の計測位置を決定することができる。従って、干渉領域を判定するために、ユーザが行う処理量を低減することができる。

【００６５】

［変形例１］

上述したように、探索領域５０の３次元情報を取得するために、３次元センサ２０が有するカメラにより撮像した２次元画像を用いる場合がある。このような場合には、探索領域５０の２次元画像にハレーションまたは黒つぶれが生じていると、３次元センサ２０による探索領域５０の計測結果にノイズが生じやすい。そこで、本変形例では、２次元画像にハレーションまたは黒つぶれが生じるような状態であれば、探索システム１は、そのような状態を解消するように３次元センサ２０の位置または状態を制御する。なお、本変形例では、３次元センサ２０が２次元画像を撮像するためのカメラ（撮像部）を有しているものとして説明する。

【００６６】

図６を参照して、本変形例に係る制御装置３０が干渉領域を判定する処理を説明する。図６は、干渉領域の判定処理のフローチャートである。なお、図６のフローチャートの各処理は、制御部３０１が記憶部３０２に記憶されたプログラムを実行して、自身により、または各構成要素を制御することにより実現される。また、実施形態１と同様のステップについては、同じ番号を付し、詳細な説明は省略する。

【００６７】

ステップＳ２００１において、センサ制御部３０８は、３次元センサ２０を制御して、移動された計測位置において探索領域５０の２次元画像を撮像（取得）する。

【００６８】

ステップＳ２００２において、センサ制御部３０８は、撮像した２次元画像の輝度が所定の範囲外（例えば、０～２５５の値によって輝度値を表す場合に輝度値が１０以下または２４０以上）であるか否かを判定する。具体的には、センサ制御部３０８は、例えば、０～２５５の値によって輝度値を表す場合に、輝度値が１０以下または２４０以上である範囲の画素の数が所定数以上であるか否かを判定する。２次元画像の輝度が所定の範囲外であれば、ステップＳ２００３に進む。２次元画像の輝度が所定の範囲以内であれば、ステップＳ１００６に進む。なお、上述した所定の範囲外の輝度は、黒つぶれまたはハレーションが存在すると判定できる範囲であれば、任意の範囲であってもよい。

【００６９】

なお、ステップＳ２００２では、センサ制御部３０８は、黒つぶれとハレーションとの存在を判定すること行っているが、黒つぶれとハレーションのいずれかのみの存在を判定してもよい。つまり、センサ制御部３０８は、輝度値が１０以下の画素の数が所定数以上であるか否かを判定してもよいし、輝度値が２４０以上の画素の数が所定数以上であるか否かを判定してもよい。

【００７０】

ステップＳ２００３において、位置決定部３０５は、２次元画像にハレーションまたは黒つぶれがあると判定できるため、当該計測位置を中心とする所定の距離の範囲内で当該計測位置を変更する。このとき、位置決定部３０５は、３次元センサ２０の光軸上に位置する（計測の対象となる）分割領域が、変更の前後で異ならないように計測位置を変更す

る。そして、動作制御部３０７は、変更した計測位置に３次元センサ２０を移動させる。また、ステップＳ２００３において、センサ制御部３０８は、上記の３次元センサ２０の移動とともに、または移動とは別に、３次元センサ２０を制御してもよい。具体的には、センサ制御部３０８は、３次元センサ２０の照明部の照度とカメラの露光時間とカメラのゲインとの少なくともいずかの値を、直前のステップＳ２００１の時点から変更してもよい。また、センサ制御部３０８は、３次元センサ２０の照明部の照明時間を変更してもよい。ステップＳ２００３の処理が終了すると、ステップＳ２００１に進み、再度、２次元画像の撮像が行われる。

【００７１】

このように制御が行われれば、より適切な状況下で３次元センサ２０が探索領域５０を計測することができるため、より精度良い計測が可能になる。このため、より高精度に干渉領域を判定することが可能になる。

【００７２】

なお、実施形態に記載された事項のみによって特許請求の範囲の記載の解釈が限定されるものではない。特許請求の範囲の記載の解釈には、出願時の技術常識を考慮した、発明の課題が解決できることを当業者が認識できるように記載された範囲も含む。

【００７３】

（付記１）

探索領域を計測する３次元センサ（２０）が設けられたロボット（１０）の制御装置（３０）であって、

前記探索領域（５０）の各範囲の位置に基づき、当該各範囲を計測するための前記３次元センサ（２０）の複数の計測位置を決定する位置決定手段（３０５）と、

前記ロボット（１０）を動かすことにより前記複数の計測位置のそれぞれに前記３次元センサ（２０）を移動させるように制御する動作制御手段（３０７）と、

前記複数の計測位置のそれぞれにおいて前記３次元センサ（２０）が計測した結果に基づき、前記探索領域（５０）における物体の領域を判定する領域判定手段（３０４）と、

を有することを特徴とする制御装置（３０）。

【００７４】

（付記２）

探索領域を計測する３次元センサ（２０）が設けられたロボット（１０）の制御方法であって、

前記探索領域（５０）の各範囲の位置に基づき、当該各範囲を計測するための前記３次元センサ（２０）の複数の計測位置を決定する位置決定ステップ（Ｓ１００２）と、

前記ロボット（１０）を動かすことにより前記複数の計測位置のそれぞれに前記３次元センサ（２０）を移動させるように制御する動作制御ステップ（Ｓ１００５）と、

前記複数の計測位置のそれぞれにおいて前記３次元センサ（２０）が計測した結果に基づき、前記探索領域（５０）における物体の領域を判定する領域判定ステップ（Ｓ１００９）と、

を有することを特徴とする制御方法。

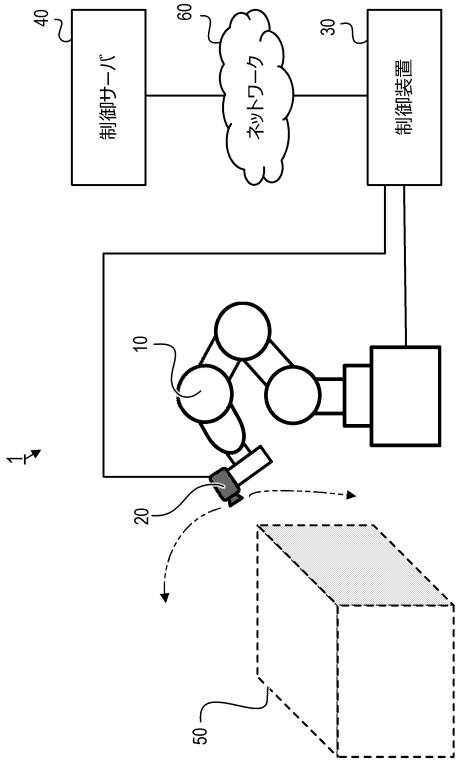
【符号の説明】

【００７５】

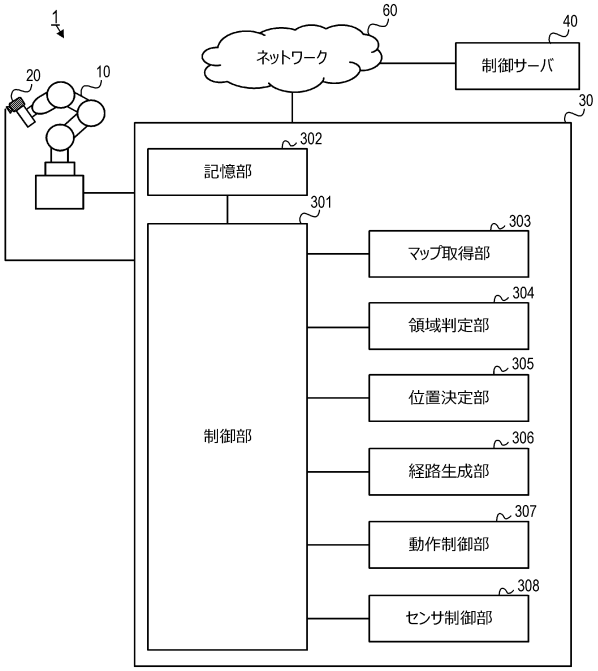
１：探索システム、１０：ロボット、２０：３次元センサ、３０：制御装置、
４０：制御サーバ、５０：探索領域、６０：ネットワーク
３０１：制御部、３０２：記憶部、３０３：マップ取得部、３０４：領域判定部、
３０５：位置決定部、３０６：経路生成部、３０７：動作制御部、
３０８：センサ制御部

【図面】

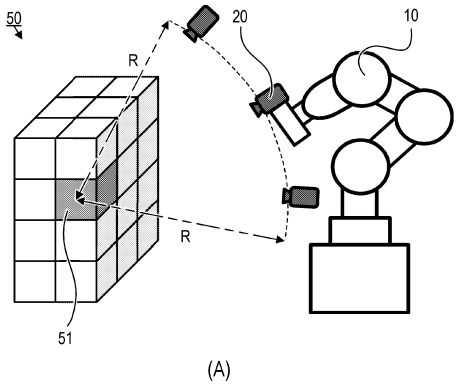
【図１】



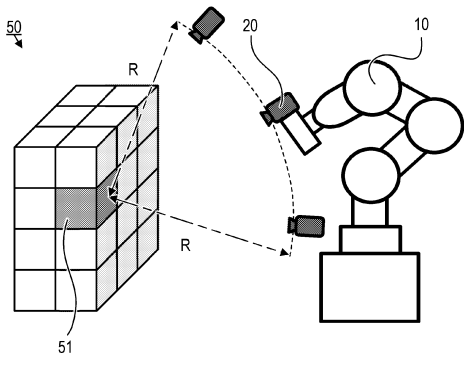
【図２】



【図３】

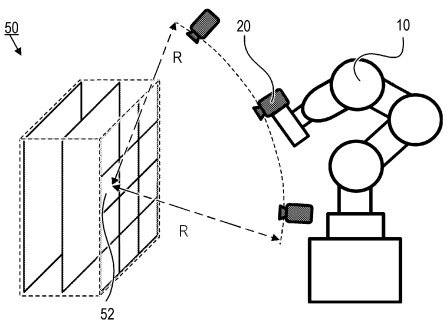


(A)

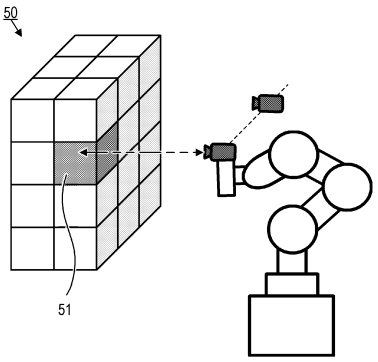


(B)

【図４】

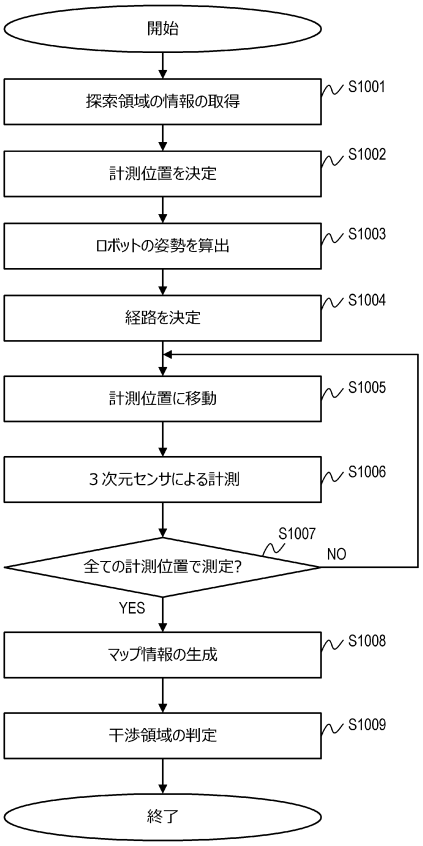


(A)

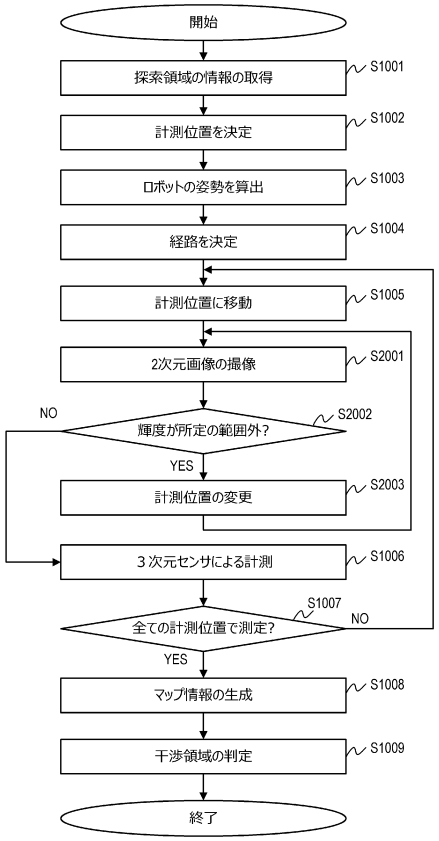


(B)

【図５】


開始
探索領域の情報の取得
S1001
計測位置を決定
S1002
ロボットの姿勢を算出
S1003
経路を決定
S1004
計測位置に移動
S1005
３次元センサによる計測
S1006
全ての計測位置で測定?
S1007
NO
YES
マップ情報の生成
S1008
干渉領域の判定
S1009
終了

【図６】


開始
探索領域の情報の取得
S1001
計測位置を決定
S1002
ロボットの姿勢を算出
S1003
経路を決定
S1004
計測位置に移動
S1005
2次元画像の撮像
S2001
輝度が所定の範囲外?
S2002
NO
YES
計測位置の変更
S2003
３次元センサによる計測
S1006
全ての計測位置で測定?
S1007
NO
YES
マップ情報の生成
S1008
干渉領域の判定
S1009
終了

フロントページの続き

(56)参考文献　　特開２００４－１８８５６２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－９９２５７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－１５５５３５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２５Ｊ　１９／０６